3 Übungen und Lösungen

3.1 Übungen

1. KOMPENSATION

Gegeben sei ein Starkstromnetz mit U = 400 V und f = 50 Hz.

a) Der Motor einer Wärmepumpe mit S_1 = 36 kVA und cosφ_1 = 0,84 sei dauernd an das Netz angeschlossen. Wie gross wird C_1 für eine vollständige Kompensation ?

b) Parallel zur Wärmepumpenanlage liegt ein Transformator mit cosφ_2 = 0,87, welcher mit C_2 = 600 µF vollständig kompensiert ist. Wie gross werden Schein-, Blind- und Wirkleistung des Transformators ?

c) Wie gross werden cosφ_3 und φ_3, wenn der Motor ausfällt ? (C_1 bleibt wirksam).

---

2. KOMPENSATION

Gegeben sei ein Starkstromnetz mit U = 120 V und f = 60 Hz.

a) Ein Transformator mit S_1 = 2,2 kVA und cosφ_1 = 0,83 sei dauernd an das Netz angeschlossen. Zusätzlich wird ein Motor mit cosφ_2 = 0,79 und einer Leistung an der Welle von P_2 = 3,5 kW aufgeschaltet.
Wie gross wird C, das parallel am Motor liegt, für eine vollständige Kompensation der gesamten Anlage ?

b) Wie gross werden cosφ_3 und φ_3, wenn der Motor ausfällt ? (C bleibt wirksam).

---

3. KOMPENSATION

Gegeben sei ein Starkstromnetz mit U = 230 V und f = 50 Hz.

a) Angeschlossen sei eine induktive Last mit S = 1,3 kVA und cosφ = 0,73. Wie gross werden P und Q ?

b) Wie gross wird C_1 für eine vollständige Kompensation.

c) Wie gross wird C_2 für eine Kompensation auf cosφ_3 = 0,91.

---

4. KOMPENSATION

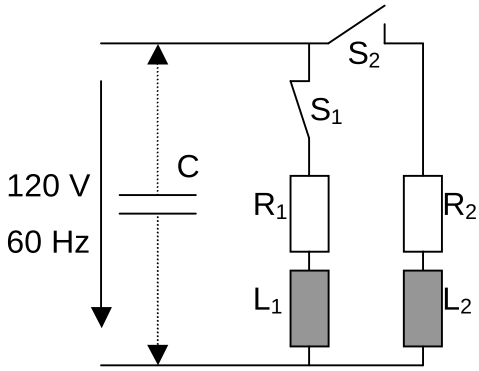
Gegeben sei ein Starkstromnetz mit U = 230 V und f = 50 Hz.

a) Angeschlossen sei eine induktive Last mit L = 6 mH und R = 4 Ω. Wie gross werden P und Q ?

b) Wie gross wird C_1 für eine vollständige Kompensation.

c) Wie gross wird C_2 für eine Kompensation auf cosφ_3 = 0,97.

5.



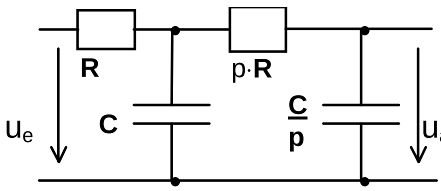
$R_1 = 2{,}2\ \Omega$, $R_2 = 4{,}7\ \Omega$,
$L_1 = 7\ mH$, $L_2 = 15\ mH$

Bestimmen Sie C so, dass die Last 1 mit R_1 und L_1 vollständig kompensiert wird.

a) Wie gross werden Q_a und φ_a, wenn S_2 geschlossen wird ?

b) Wie gross werden Q_b und φ_b, wenn S_1 geöffnet wird ? (S_2 bleibt zu).

6. WECHSELSTROMTECHNIK



C = 15 nF R = 12 kΩ

ZWEITOR

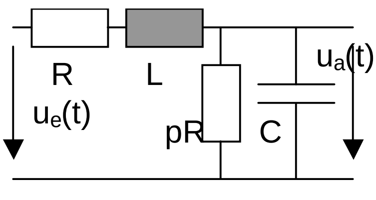
Gegeben sei das nebenstehende Zweitor mit p = 19.

a) Suchen Sie den Frequenzgang $u_a/u_e(\Omega)$, den Amplitudengang $|u_a/u_e|(\Omega)$ und den Phasengang $\varphi_{[u_a,u_e]}$ formal mit $\Omega = \omega \cdot RC$.

b) Skizzieren Sie die Ortskurve, den Amplituden- und den Phasenverlauf (Bodediagramm).

c) Bei welchen Frequenzen f_k liegt die Amplitude auf einem Wert von $A = |u_a/u_e|_{Max}(\Omega) - 1\ dB$?

11. ZWEITOR



$$\Omega = \omega\sqrt{LC}\,,\ k\Omega = \omega\frac{L}{R}\ \text{und}\ \frac{1}{k}\Omega = \omega RC\,.$$

a) Analysieren Sie u_a/u_e.

b) Normieren Sie das Zweitor auf die Eckfrequenz.

c) Wann erscheinen Tschebyscheff-, Butterworth- und Bessel- Verhalten.

3.2 Lösungen

1. a) C_1 = 388,6 µF b) Q_2 = 30,159 kVAr, S_2 = 61,169 kVA, P_2 = 53,217 kW
   c) φ_3 = - 20,156° ≙ - 0,3518 rad, cosφ_3 = 0,93876.

---

2. a) C = 726,4 µF b) φ_3 = - 56,089° ≙ - 0,97895 rad, cosφ_3 = 0,5579.

---

3. a) P = 949 W, Q = 888,48 VAr b) C_1 = 53,462 µF c) C_2 = 27,44 µF

---

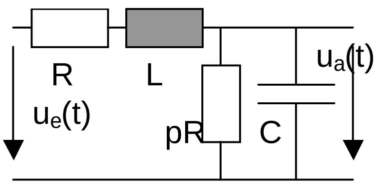
4. a) P = 10,822 kW, Q = 5,1 kVAr b) C_1 = 307 µF c) C_2 = 144 µF

---

5. C_1 = 593,02 µF a) Q_a = 1,506 kVAr, φ_a = 0,3655 rad
   b) Q_b = - 1,7133 kVAr, φ_b = - 0,9398 rad

---

11. ZWEITOR



$\Omega = \omega\sqrt{LC}$, $k\Omega = \omega\dfrac{L}{R}$ und $\dfrac{1}{k}\Omega = \omega RC$.

a) Analysieren Sie u_a/u_e.
b) Normieren Sie das Zweitor auf die Eckfrequenz.
c) Wann erscheinen Tschebyscheff-, Butterworth- und Bessel- Verhalten.

RLC - Zweitor

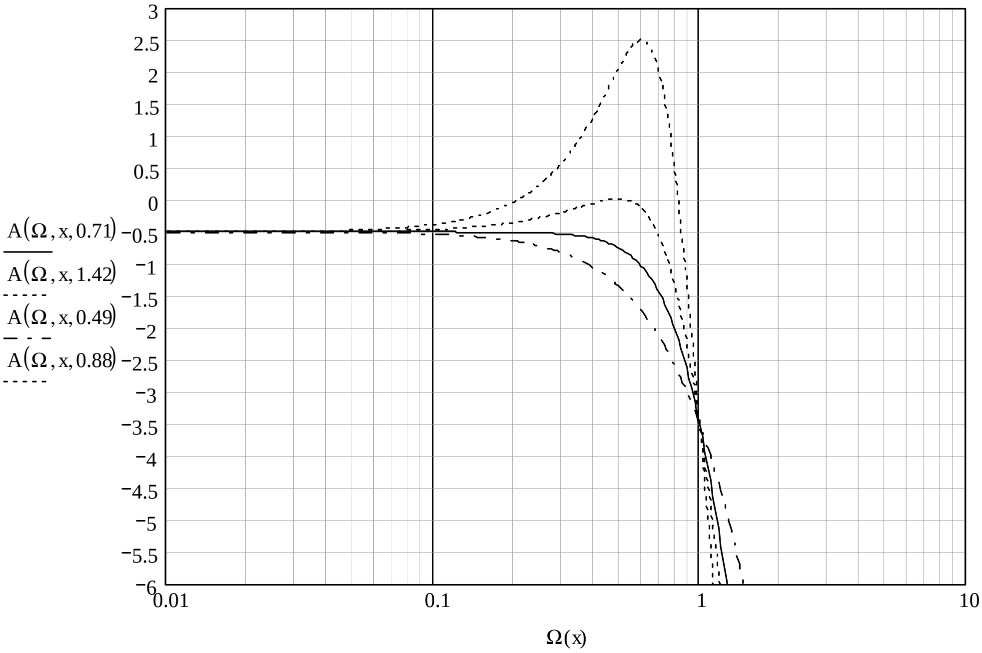
$x := -2, -1.99 .. 1$ $\Omega(x) := 10^x$ $p := 16.88$

$$\Omega_{3dB}(k) := \sqrt{\frac{\sqrt{\left[\left(k+\frac{p}{k}\right)^2 - 2\cdot p\cdot(1+p)\right]^2 + 4\cdot p^2\cdot(1+p)^2} - \left[\left(k+\frac{p}{k}\right)^2 - 2\cdot p\cdot(1+p)\right]}{2\cdot p^2}}$$

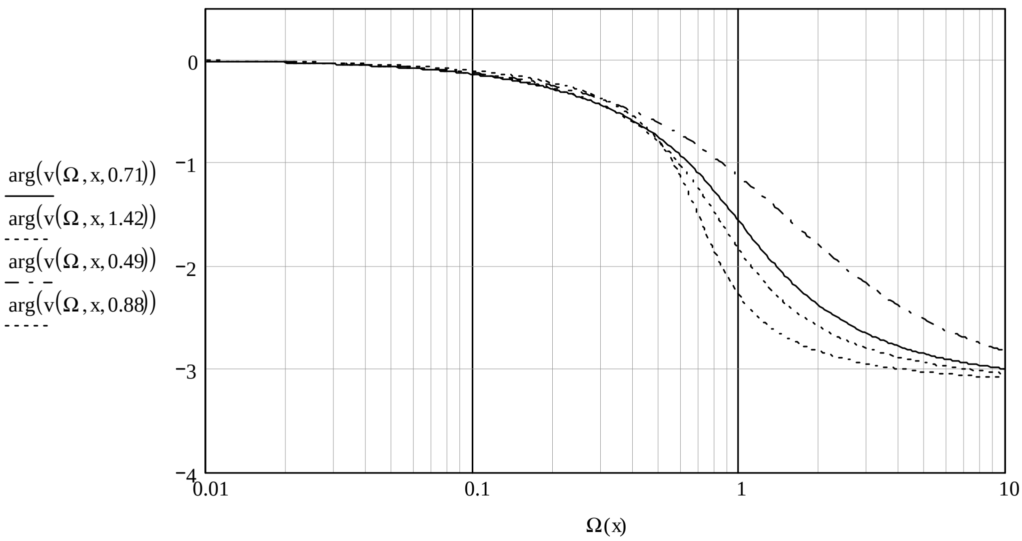
$$v(\Omega, x, k) := \frac{p}{(1+p) - p\cdot\Omega(x)^2\cdot\Omega_{3dB}(k)^2 + j\cdot\left(k+\frac{p}{k}\right)\cdot\Omega(x)\cdot\Omega_{3dB}(k)}$$

$$A(\Omega, x, k) := 20\cdot\log\left(\left|v(\Omega, x, k)\right|\right)$$

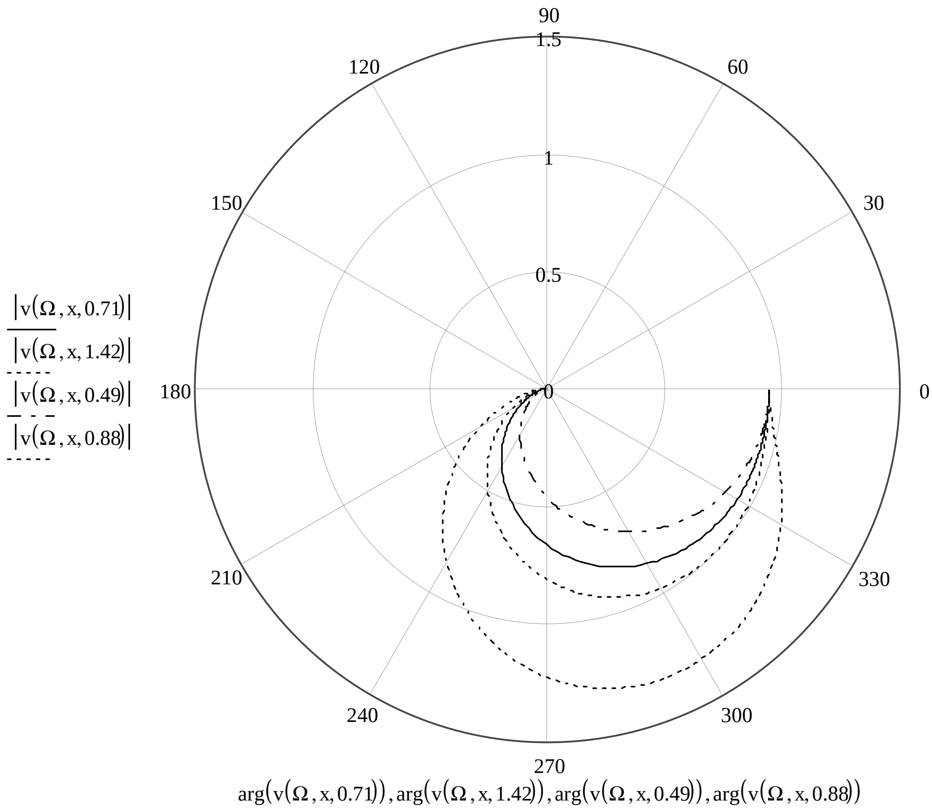
Amplitudengang, normiert auf die 3dB Eckfrequenz



Phasengang (Winkelverhalten) in rad



Ortskurve



$k := 0.7$ Butterworth

Vorgabe $\frac{p}{1+p} \cdot \Omega_{3dB}(k)^2 = 1$ suchen(k) $= 0.707$

$k := 0.5$ Bessel

Vorgabe $2 \cdot p \cdot (1+p) = \left(k + \frac{p}{k}\right)^2 - 2 \cdot p \cdot (1+p)$ suchen(k) $= 0.493$

Tschebyscheff 3dB

$k := 1$

Vorgabe
$$\frac{(1+p)^2}{\left[(1+p) - \frac{2 \cdot p \cdot (1+p) - \left(k + \frac{p}{k}\right)^2}{2 \cdot p}\right]^2 + \left(k + \frac{p}{k}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot p \cdot (1+p) - \left(k + \frac{p}{k}\right)^2}{2 \cdot p^2}} = 10^{\frac{3}{10}}$$

suchen(k) $= 1.419$

Gruppenlaufzeit

$$T_{gr}(\Omega, x, k) := \frac{\Omega_{3dB}(k)\cdot\left(k+\frac{p}{k}\right)}{2\cdot\pi\cdot(1+p)}\cdot\frac{1+\frac{2\cdot p}{1+p}\cdot\Omega_{3dB}(k)^2\cdot\Omega(x)^2}{1+\left[\frac{\left(k+\frac{p}{k}\right)^2-2\cdot p\cdot(1+p)}{(1+p)^2}\right]\cdot\Omega_{3dB}(k)^2\cdot\Omega(x)^2+\frac{p^2}{(1+p)^2}\cdot\Omega_{3dB}(k)^4\cdot\Omega(x)^4}$$